



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Kerdi Koonik**

**ENERGIATÕHUSAD HOONED EESTIS**

**ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS IN ESTONIA**

Bakalaureusetöö

Keskkonnakaitse õppekava

Juhendaja: Valdo Kuusemets, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Kerdi Koonik		Õppekava: Keskkonnakaitse	
Pealkiri: Energiatõhusad hooned Eestis			
Lehekülgi: 40	Jooniseid: 3	Tabeleid: 4	Lisasid: 4
<p>Osakond: Keskkonnakaitse ja maastikukorralduse õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond: keskkonnatehnoloogia</p> <p>CERC S'i kood: T270</p> <p>Juhendaja(d): Valdo Kuusemets</p> <p>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2018</p>			
<p>Eestis ehitatakse energiatõhusaid hooneid järjest enam, kuna aastaks 2020 peavad uued hooned olema liginullenergia hooned, kontsentreerudes samal ajal soodsa sisekliima tagamisele. Energiakulu saab vähendada läbimõeldud ehitusviisiga. Antud uurimustöö eesmärk on anda ülevaade energiatõhusatele hoonetele kehtestatud nõuetest ja nende rakendamisest viimastel aastatel Eestis.</p> <p>Bakalaureusetöö uurimusmetoodikaks oli kvalitatiivne meetod. Põhilised allikad, mida töös kasutati olid: Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv 2010/31/ EL kui ka Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv 2012/27/EL, Energia 2020- Säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energia strateegia, Rohemärgise strateegia 2015. Selleks, et saada aimu energiatõhusatest ehitistest Eestis tutvus töö autor AS Riigi Kinnisvara aastaaruannetega 2011-2015. Võrreldud on erinevaid hooneid ja nende energiatarbe piirväärtusi.</p> <p>Tulemustes selgub, et Eestis on ajavahemikul 2010-2012 muudetud energiasäästlikumaks 480 hoonet. Ehitust teostatakse CO<sub>2</sub> heitmekvoodi müügist saadava raha eest. Töid, mida teostatakse, on erinevad, alustades küttesüsteemidest kuni põrandate ja lagede ümberehituseni. Tänu sellele peaks vähenema energiatarbimine, mis omakorda muudab väiksemaks õhku paisatava CO<sub>2</sub> hulga. Sertifitseeritud liginullenergiahooneid ja passiivmaju on Eestis vähe. Esimene hoone valmis 2015. aastal, mis oli liginullenergia</p>			

büroohoone Rakveres ning aastal 2013. valmis sertifikaatide järgi ehitatud esimene passiivmaja Põlvasse.

Energiatõhusate ehitiste ehitamist tuleks Eestis jätkata ning läbi viia uuringuid, mis annavad parema ülevaate, milliseid materjale ja metoodikat edaspidi ehituses kasutama peaks. Kuna aastaks 2020. rakenduvad uued ehitusnõuded, siis tuleks jälgida nõuete täitmist.

Märksõnad: energiatõhusus, energiasäästlikus, energiamärgis, liginullenergiahoone

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		<b>Abstract of Bachelor's Thesis</b>	
Author: Kerdi Koonik		Specialty: Environmental protection	
Title: Energy-efficient buildings in Estonia			
Pages: 40	Figures: 3	Tables: 4	Appendixes: 4
Department: Chair of Environmental Protection and Landscape Management Field of research: Environmental technology CERCS code: T270 Supervisors: Valdo Kuusemets Place and date: Tartu 2018			
<p>Energy-efficient buildings are being built in Estonia more and more as by 2020 new buildings will have to be nearly zero-energy buildings, focussing on ensuring indoor climate. Energy consumption can be reduced through smart construction. The aim of this study is to give an overview of the requirements for energy-efficient buildings and their recent implementation in Estonia.</p> <p>The applied study methodology is the qualitative method. The main sources used in this Bachelor's thesis are Directive 2010/31/EU of the European Parliament and the Council and Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council – Energy 2020: A Strategy for Competitive, Secure, and Sustainable Energy; Green Building Strategy 2015. The author studied AS Riigi Kinnisvara Annual Reports 2011-2015 to grasp the idea of energy-efficient buildings in Estonia. Different buildings and their limit values were compared.</p> <p>The results showed that 480 buildings in Estonia were revised in energy-saving terms in 2010-2012. The construction will be carried out funded with the proceeds from the sale of the CO<sub>2</sub> emission allowance. The works carried out vary from heating systems to conversion of floors and ceilings. Due to this, energy consumption should decrease,</p>			

which, in turn, reduces the amount of CO<sub>2</sub> emitted. There are few certified near zero-energy buildings and passive houses in Estonia. The first building was completed in 2015 – a near zero-energy office building in Rakvere. In 2013, the first passive house was built in Põlva – in accordance with the completed certificates.

Construction of energy-efficient buildings should be continued in Estonia, and research should be carried out to give a better overview of what materials and methodology should be used in construction. As new building requirements will have been applied by 2020, compliance should be monitored.

Keywords: energy efficiency, energy saving, energy label, nearly zero-energy building

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
MÕISTED .....	8
1 ENERGIATÕHUSAD HOONED .....	10
1.1 Energiakulu ja energiasääst majades .....	10
1.2 Hoonete energiakulu käsitlev seadusandlus .....	13
1.3 Majade energiatõhususe saavutamine .....	17
2 METOODIKA .....	21
3 TULEMUSED .....	22
3.1 Avalike hoonete energiakulu vähendamine .....	22
3.2 Sertifitseeritud hooned Eestis .....	25
KOKKUVÕTE .....	28
KASUTATUD KIRJANDUS .....	30
LISAD .....	33
Lisa 1. Esimene liginullenergiahoone Rakveres, Targa Maja kompetentsikeskuse büroohoone .....	34
Lisa 2. Esimene liginullenergia koolihoone Põlvas .....	35
Lisa 3. Liginullenergiahoone Tartumaal Rahingel .....	36
Lisa 4. Esimene sertifitseeritud passiivmaja Eestis .....	37

## SISSEJUHATUS

Kliimasoojenemine on aktuaalne juba aastaid ning inimesed püüavad seda peatada. Viimasel kliimakonverentsil lepidi kokku, et Maakera keskmine temperatuuri tõus jääb pikemas perspektiivis alla 2 kraadi, et hoida ära ohtlike kliimamuutusi. Kuna kliimasoojenemise teema on päevakajaline, siis otsitakse keskkonnasõbralikke alternatiive muuhulgas ka ehituses. Eesmärk on vähendada kasvuhoonegaaside heitekoguseid.

Oma kodu valides lähtutakse elukeskkonna väärtustamisest, kus küttehinnad poleks liiga kõrged, elamispind odavam ja elu kvaliteet hea. Väärtustama on hakatud hoonete energiatõhusust ja energiasäästlikust. Keskenduda tasuks hoonete energiatõhusaks muutmisele, samas juba ehitades saab muuta hoone energiasäästlikumaks. Odavam viis energiat säästa on vaadata üle oma tarbimisharjumused. (Uuspõld 2014: 3)

Käesoleva töö eesmärk on anda ülevaade energiatõhusatele hoonetele kehtestatud nõuetest ja nende rakendamisest viimastel aastatel Eestis. Bakalaureusetöö teema valikul oli isiklik huvi energiatõhusate hoonete ehitamisest kui ka õppejõu poolt mainitud vähekulukad ja energiasäästlikud hooned.

Bakalaureusetöö eesmärgi saavutamiseks püütakse leida vastused järgnevatele küsimustele:

- Missugused on erinevad hoonetele kehtestatud energia kokkuhoiu nõuded?
- Missugused on energiatõhusa hoone ehitamise võimalused?
- Kuidas on viimastel aastatel energiatõhususe nõudeid Eestis rakendatud?

Bakalaureusetöö jaguneb kolmeks põhiosaks. Esimene neist- kirjanduse ülevaade. Peatükk annab ülevaate energiakulust ja energiasäästust majades, kirjeldatakse piirdeväärtusi tabelis erinevatele majadele, mille andmed on võetud Riigi Teatajast. Põhijaotise osas kirjeldab autor seadusandlust, kus analüüsitakse Energia 2020 strateegiat kui ka Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiive. Kirjanduse ülevaate viimane osa on majade energiatõhususe saavutamine. Teises osas on kirjeldatud bakalaureusetöö metoodikat ning kuidas on jõutud vastava tulemuseni. Viimases ehk kolmandas osas kirjeldatakse tulemusi, mis on saadud AS Riigikinnisavara aastaraamatute ja sertifitseeritud hoonete analüüsi tulemusel.

## MÕISTED

Ehitis- inimtegevuse tulemusel loodud ja aluspinnasega ühendatud või sellele toetuv asi, mille kasutamise otstarve, eesmärk, kasutamise viis või kestvus võimaldab seda eristada teistest asjadest. Ehitis on hoone või rajatis. (Ehitusseadustik 2015, § 3 lg 1,2)

Hoone- väliskeskkonnast katuse ja teiste välispiiretega eraldatud siseruumiga ehitis. (Ehitusseadustik 2015, § 3 lg 2)

Energiatõhusus- aastane summaarne soojus- ja elektrikasutus koos tehnosüsteemide kaoga. (Alev et al. 2011: 82) Hoone energiatõhusus on hoone tüüpilise kasutusega seotud energianõudluse rahuldamiseks vajalik arvutuslik või mõõdetud energia hulk, mis hõlmab muu hulgas kütmiseks, jahutuseks, ventilatsiooniks, vee soojendamiseks ja valgustuseks tarbitavat energiat. (Ehitusseadustik 2015, § 63 lg 1)

Passiivmaja- täpselt ja üksikasjalikult konstrueeritud ehitis, mis on hästi isoleeritud, külmasillavaba ning vajab ruumide kütmiseks ja jahutamiseks 90% vähem energiat kui Nõukogude ajal ehitatud eramud. Pole vaja paigaldada keerulisi küttesüsteeme. (Passiivmaja tehniline ülevaade, 2016) Soojanõudlus ei tohi ületada 15 kWh/m<sup>2</sup>aastas ehk 1,5 liitrit kütteõli ruutmeetri kohta. Hoonel peab olema hästi soojustatud välispiire, mis ei tekitaks soojakadusid läbi seinte ja katuste. (Grätz 2011: 3)

Madalenergiahoone- parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuenergiaallikast. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015, § 6 lg 1)

Liginullenergiahoone- parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhususe- ja taastuenergiatehnoloogia lahendusega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille



energiatõhususarv on suurem kui 0 kWh/m<sup>2</sup>-aastas, kuid mitte suurem kui piirväärtus, mis on kehtestatud Vabariigi määrusega „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015.“ (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, § 7 lg 1)

Energiamärgis- dokument, mis näitab, kui palju hoone või selle osa tarbib aastas energiat kütava pinna ruutmeetri kohta. Energiamärgis näitab, kui energiasäästlik on soetatav kinnisvara. Mida kõrgem on hoone energiatõhususe klass (A-st kuni H-ni), seda väiksemad on tulevikus energiaarved. (Energiamärgis 2018)

D-energiaklassi maja- energiatarve on vahemikus 151-200 kWh ühe ruutmeetri kohta aastas. Energiatarve sisaldab endas kütet, tarbevee soojendamist, gaasi kui ka elektrienergia kulu. D-energiaklassi majad ei vasta kaasaja ehitusnõuetele. (Kui suur on hoone klasside...2011)

# 1 ENERGIATÕHUSAD HOONED

## 1.1 Energiakulu ja energiasääst majades

Läänemaailmas kulub ehitistes ligikaudu 40 % energiatarbimisele. (Kaan et al 2006) Seetõttu püütakse vähendada energiakulu hoonete kasutamises. Aastane energiatarve sõltub elanike energia tarbimise harjumustest, maja tüübist ja vanusest ning soojustuse kvaliteedist. Aastane soojusnõudlus näitab kodust energiatarvet ehk kui palju energiat on vaja hoone kütmiseks, mõõtühikuks kasutatakse kWh/m<sup>2</sup>-aastas. Näiteks vajavad vanad ning soojustamata Nõukogude ajal ehitatud hooned energiat 400 kWh/m<sup>2</sup>-aastas, kui sama näitaja on passiivmajas tunduvalt väiksem 10-15 kWh/m<sup>2</sup> aastas. (Grätz 2011: 2) Paremaks selgituseks teisendame mõõtühikud ümber hinnaks. Energiatõhusate hoonete kriteeriumiteks on kütteenergia kulu põrandapinna ruutmeetri kohta. Kui põranda pinda on 1 ruutmeeter, siis sellele vastab 1 liiter kütteõli, mis tähendab energiakulu 10 kWh/m<sup>2</sup>-aastas. Passiivmaja korral on 100 ruutmeetri kohta kütteõli vaja 100 liitrit- kus hinnaks on ligikaudu 70 eurot. Suuremad on näitajad sama suure kuid vanemas ning halvemini soojustatud hoones, kus aastane soojanõudlus on 300 kWh/m<sup>2</sup>-aastas. See tähendab, et kütteõli on vaja 3000 liitrit. Suur erinevus tuleb kuluvas rahasummas, kus vaheks on ligikaudu 2000 eurot aastas. (Grätz 2011: 2) Passiivmaja eripäraks on iseeneslik soojenemine ja jahtumine. (Faltin 2011: 9) Passiivmajades ei peaks kütmiseks kuluv energiahulk ületama 15 kWh ruutmeetri kohta aastas. See võimaldab ligikaudu 90 % energia kokkuhoidu. Tavamajades ei tohiks energiakulu ületada 120 kWh/m<sup>2</sup>-aastas. (Kaan et al. 2006)

Energiasääst tähendab energia kokkuhoidu lõpptarbija juures. Klient soovib väikeste kulutustega tarbida mõistlikus koguses energiat ilma, et tema elukvaliteet langeks. Energiasääst on ahel, kus lõpptarbija saab soovitud kasumi. Muidugi oleks võimalik ka üksikut lüli optimeerida, aga see pole lõpptarbijale kasulik. (Eesti elamumajanduse...2018) Kõige lihtsam viis energiat säästa on vaadata oma tarbimiskulutused üle ning loobuda liigsest energiatarbimisest.

Euroopa Liidu komisjon on teinud ettepaneku EL maades vähendada kõikides hoonetes energiatarvet aastaks 2020 20 % aastas, võrreldes 2005. aastal tarbituga. Lisaeesmärgiks on

seatud soojuse tarbe langus poole võrra, võrreldes 2005. aasta tarbega. Energiakasutuse kasvu saab piirata ning kõikide hoonete energiavajadust saab vähendada säästumeetmetega olemasolevates hoonetes. (Abel 2010: 205) Uusimate hoonete projekteerimisel saab marginaalsete kulutustega saavutada kõrge energiatõhusus. Oluline on, et energiavajadus oleks viidud ehituse alguses miinimumini. Uutes kui ka olemasolevates hoonetes pole lubatud energiasäästuks valida tehnilisi lahendusi või meetmeid, mis muudavad hoone kasutuskõlbmatuks või lühendavad maja eluiga. Energiaefektiivsed tehnilised lahendused ja meetmed peavad järgima kahte reeglistikku:

- 1) energiavajaduse vähendamise kulu peab olema võrdne energiasäästuga;
- 2) energiavajaduse vähendamise meetmete valikul peab hoone tehniline kvaliteet, sisekliima kui ka otstarbekus jääma samaks või paranema.

Tehniline lahendus, mis energiavajadust vähendaks, peab vastama kolmele tingimusele, oluline pole, kas ehitatakse uut hoonet või renoveeritakse juba olemasolevat maja. Kvaliteeti määravad lähteülesanded, mis on konkreetsed ja teostatavad. Planeerides tuleb järgida nii kvaliteeti määravaid lähteülesandeid kui ka funktsioone määravaid lähteülesandeid. Kui mõlemaid nõudeid ei täideta korrektselt, siis tulemuseks on puudulikult funktsioneeriv hoone. Funktsioone määravad lähteülesanded:

- 1) sisekliima tarbeks peab olema hea õhukvaliteet ja soojuslik sisekliima, ei tohi tekkida ohtu tervisele;
- 2) ei tohi tekkida probleeme häiriva müraga, ebameeldiva tuuletõmbusega või elektriväljadega;
- 3) paigaldatud süsteemid on lihtsasti hooldatavad ja vahetatavad. Hoonete piirdetarind oleks niiskuskindel samamoodi ehitusdetailid ja hoonete materjalid oleksid vastupidavad ja pikaajaliselt kasutatavad. (Abel 2010: 206-207)

Hoone energiatõhususe miinimumnõuete määrus on vastu võetud 2015. aastal, mis on leitav Riigi Teatajast. Nõuded kehtivad eelkõige madalenergiahoonetele, liginullenergiahoonetele ja energiatõhususele. Energiatõhusus kehtestatakse tervikult hoonele. Ehitisele arvatakse juurde veel energiatootmissüsteemid ja energiavõrgud nagu kaugküte. Energiatõhusust määratakse juba algstaadiumis, kui on tegemist ehitusprojektiga. Tabelis 1 on toodud

energiakulu piirväärtused, mida hooned ületada ei tohi. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015)

**Tabel 1.** Nõuded hoonete energiatõhususele. *Allikas:* (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015, RT I, 05.06.2015, 15)

	<b>EHITATAV HOONE kWh/(m<sup>2</sup>·a)</b>	<b>OLULISELT REKONST- RUEERITAV kWh/(m<sup>2</sup>·a)</b>	<b>MADALENERGIA- HOONE kWh/(m<sup>2</sup>·a)</b>	<b>LIGINULL- ENERGIA- HOONE kWh/(m<sup>2</sup>·a)</b>
Väikeelamu kuni 100m <sup>2</sup> / üle 100 m <sup>2</sup>	184/160	210	120	50
Korterelamu	150	180	120	100
Büroohoone, raamatukogu, teadushoone	160	210	130	100
Ärihoone	210	270	160	130
Avalik hoone	200	250	150	120
Kaubandushoone, terminal	230	280	160	130
Haridushoone	160	200	120	90
Koolieelne lasteasutus	190	240	140	100
tervishoiuhoone	380	460	300	270

Energiasäästumeetmete hindamiseks on kõige sobivamad majanduslikud hinnangud ja investeeringute hindamise mudelid. Energiakulud on praktikas seotud keskkonnaga, määratletud on keskkonnakaitse- eeskiri ja keskkonnamaksud. Majanduslik hinnang on kergesti läbiviidav, tulemused arusaadavad ja võrreldavad ning kergelt jälgitavad. Hinnang on seotud otseselt kinnisvaraomanike, arendajate, haldajate ning kõikide ehitussektoris töötavate inimeste igapäevaeluga. Majanduslik hinnang sisaldab tegureid, mida saab erinevate suuruste abil väljendada, enamjaolt rahaühikutes. Energiasäästu saab määrata kahel erineval viisil:

- 1) arvestatakse lahenduse või meetme otsest mõju energiavajadusele- sobib kui, otsest mõju on kerge arvutada ja on selge, et kaudseid mõjusid hoone energiavajadusele pole;
- 2) hoone kogu energiavajadus arvestatakse mõeldud lahenduse või meetmega kui ka ilma selleta- põhimeetod, mida rakendatakse alati, kui pole energiasäästu mõju kerge defineerida ja arvestada. (Abel 2010: 209-210)

Energiavajaduse arvutamine hoonetes on keeruline protsess, mis vajab vastavaid programme. Sagedasti kasutatakse simulatsiooniprogramme, mis on abiks projekteerimistöös. Programme on kahte tüüpi. Esimene, mida kasutatakse üldkasutatavalt ja teised, mida võib kasutada elumute käsitlemiseks. Üldkasutatavad programmid on mõeldud eelkõige ühiskondlike hoonete energiavajaduse ja sisekliima arvutamiseks, kuid võib samuti kasutada elumajade puhul. Süsteemipiirid on selgelt defineeritud, määratakse liigsoojus, soojusvajadus kui ka vajaminev energia ja võimsus- elekter ja küte. Eestis kasutatakse viite programmi (Tabel 2), mida kasutatakse nii avalike hoonete tarbeks kui ka individuaalmajadel. (Abel 2010: 211)

**Tabel 2.** Eestis kasutusel olevad programmid energiavajaduse arvutamiseks. *Allikas:* (Abel 2010: 212)

Programm	Keel	Märkused
BV2	eesti	Kodulehel mkm.ee on võimalus tarkvara arvutisse laadida
VIP+	eesti, rootsi	
RIUSKA	soome	
IDA ICE	rootsi, soome, inglise	Võimaldab detailsusteni uurida sisekliimat, võimsust, arvutusi.
Energy+	inglise	

## 1.2 Hoonete energiakulu käsitlev seadusandlus

Eesti energiamärgised on välja töötatud välisriikide eeskujul, kus kasutatakse tähiseid A- H, kus „A“ tähendab rohelist ja head ning energiasõbralikku ja „H“ väga kulukat energiakulu klassi. (Aastaraamat 2014)

2015. aasta AS Riigi Kinnisvara aastaraamatust selgub, et kasutusele on võetud energiamärgise klass, mis on kõrgeim- „A.“ 2015. aasta jätkusuutlikuse aruandes on mainitud uut seadust, kus hoonete ehitamise piirnõudeks on „C,“ kuid 2019. aastast karmistuvad reeglid veelgi ning kõik keskvalitsuse hooned peavad vastavalt EU direktiivile 2010/31/EL olema ehitatud A-klassi nõuetele vastavalt. 2015. aastal valmis koostöös AS Riigi Kinnisvaraga rohemärgise klassifikatsioon koos vajalike dokumentidega. Rohemärgis on keskkonnamärgis, mis vaatleb nii hoone energiatõhusust kui ka sisekliimat ning üldist

keskkonnasäästlikust. (Aastaraamat 2015) Rohemärgis 2015 klassifikatsioon on jätkusuutlikuse hindamiseks hoone projekteerimisel kui ka projektdokumentatsiooni hindamisel. Märgist sobib kasutada avalike hoonete kui eraisikutele ehitatavatele majadel, kui soovitakse kavandada kvaliteetset ning keskkonnasäästliku hoonet. Eesti seisukohalt on jätkusuutlikuse kriteeriumiteks energia, sisekliima ja asukoht, moodustades 95% jätkusuutlikuse aspektidest. Eesti olusid arvestades on olulisem sisekliima kategooria, mis mõjutab töö tegemist. (Joonis 1) Osakaalude suurus tuleneb keskkondlikust mõjust ja rahast. (Rohemärgise standard 2015)



**Joonis 1.** Eesti Rohemärgise klassifikaatori kategooriate osakaalud tulenevalt rahalisest ja keskkondlikust mõjust. *Allikas:* (Rohemärgise standard 2015: 8).

Elanikkonna heaolu sõltub energia ohutusest, turvalisusest, taskukohasusest kui ka säästvatest näitajatest. Energiakasutusega on seotud ligikaudu 80 % Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside koguheitest. Kohustuseks on võetud 2050. aastaks CO<sub>2</sub>-heidet vähendada EL ja muudes tööstusriikides 80-95 %. Energia 2020 on strateegia, mis keskendub säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energia strateegiale, eesmärgiks energiatõhusust suurendada. Tõstetakse inimeste teadlikust, kaasatakse elanikkonda rohkem säästma, piiratakse raiskamist ja patroneeritakse vähese CO<sub>2</sub>- heitega tehnoloogiat ja kütust. (Energia 2020 Säästva...2010) Energia 2020 säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energiaga strateegia (Energia 2020 Säästva...2010) on seadnud endale eesmärgid 2020. aastaks, mida toetab Euroopa Parlament.

Energia ja kliimamuutustega seotud eesmärgid:

- 1) vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid 20%, võrreldes 2005. aastaga, soodsate võimaluste korral 30 %;
- 2) suurendada taastuvenergia osakaalu 20%-ni;
- 3) suurendada energiatõhusust 20%.

Energiasäästupoliitikat peavad eelkõige rakendama ehitussektor kui ka transpordisektor, eelistades võimalikult saastevabu lahendusi ning mitmekesistama oma energiaallikaid. Euroopa Liit on energiaturul tugev ja stabiilne partner, et konkurentsipüsida peab vastavalt tegutsema. (Energia 2020 Säästva...2010)

Energiastrateegia keskendub viiele suunale:

- 1) energiatõhus Euroopa;
- 2) üle-euroopaline lõimitud energiaturg;
- 3) tarbijate mõjukus ning kõrge ohutuse ja julgeoleku tase;
- 4) euroopa juhtpositsioon energiatehnoloogia ja -innovatsiooni vallas;
- 5) ELi energiaturu välismõõde.

Eestis pole lubatud ehitada alla D - klassi hooneid, mille energiatõhususarv ei tohi olla suurem kui 180 kWh ruutmeetri kohta aastas. (Milline peaks olema...2011) Väiksema energiakuluga hooned on parema energiaklassiga. (Tabel 3) Väiksem energiakuluklass on seotud hinnaga, järelkult 1 kWh/aasta kohta peab olema energiaühiku hind võimalikult väike. (Maja energiakulu 2018) Energiatõhusust määrab Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv, hetkel on kehtiv 2012. aasta direktiiv 2012/27/ EL.

**Tabel 3.** Maja aastase energiakulu arvestus. *Allikas:* (Maja energiakulu 2018)

MAJA AASTASE ENERGIAKULU ARVESTUS								
Üldpind m <sup>2</sup>	Ühik	ENERGIAKLASSID						
		D	C	B	A	A+	A++	Passiivmaja
	KWh/m <sup>2</sup> a	190	150	130	120	45	35	15
80	KWh/a	15200	12000	10400	9600	3600	2800	1200
100	KWh/a	19000	15000	13000	12000	4500	3500	1500
120	KWh/a	22800	18000	15600	14400	5400	4200	1800
150	KWh/a	28500	22500	19500	18000	6750	5250	2250
175	KWh/a	33250	26250	22750	21000	7875	6125	2625
200	KWh/a	38000	30000	26000	24000	9000	7000	3000
250	KWh/a	47500	37500	32500	30000	11250	8750	3750
300	KWh/a	57000	45000	39000	36000	13500	10500	4500

Direktiivis on kehtestatud rangemad nõuded, kus pööratakse tähelepanu kliimale ja kohalikele tingimustele kui ka ruumide sisekliimale. Liikmesriikide otsustada on miinimummäärad hoonete ja ehitusdetailide energiatõhususele. Sätestatud on võimalus seoses tehnika arenguga miinimumnõuded iga viie aasta tagant üle vaadata. (Euroopa Parlamendi...2010) Direktiiv rõhutab eelkõige energiatõhusust, et vähendaksime 2020. aastaks ligi 20 % primaarenergia kulu. Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv 2012/27/EL on tihedalt seotud Energia 2020 strateegiaga, mis võimaldaks liikmesriikidel vaadelda energiakasutust iseseisvalt. Energias tuleb säästa kõikides valdkondades nii energiatarnimises kui ka lõppkasutuse sektoris. Aastaks 2050 tahetakse vähendada ligi 80-95 % kasvuhoonegaase võrreldes 1990. aastaga. Liikmesriigid soovivad esmalt muuta energiatõhusaks avaliku sektori hooned, kui need on teostatavad ja vähe kulukad. Mõningatel juhtudel ei pea hoonet energiatõhusaks muutma, kui see on kaitse all, kuulub relvajõududele, riigikaitsele või kasutatakse religioosseteks tegevusteks. Iga aasta renoveeritakse kolm protsenti valitsuse omandis või kasutusel olevat köetavate ja/või jahutatavate hoonete üldpõrandapinnast, et täita energiatõhususe miinimumnõuded. Miinimum piirmääraks alates 2015. aasta 9ndast juulist on 250 m<sup>2</sup> üldpõrandapinda. (Euroopa Parlamendi...2012)

Hoone ostjale või üürnikule tuleb anda teavet energiamärgise kohta, mis on vastavuses hoonega ning anda nõu energiatõhususe suurendamiseks. Tähis peab sisaldama olulist teavet kütmis- ja jahutamissüsteemide kui ka süsinikdioksiidi heite kohta. Antud direktiivis on välja toodud nõue, kus energiamärgis võiks olla avalikel asutustel nähtaval kohal, et anda eeskuju. (Euroopa Parlamendi...2010 )

Euroopa Komisjoni direktiivi (European Energy Performance of buildings Directive 2018) järgi peavad olema kõik uued hooned 31. detsembriks 2020 liginullenergiahooned. Kui direktiivis võetakse vastu uus nõue, siis algab renoveeritavate hoonete ümberehitamine nullenergiale, kuid seda otsustab komisjon. (Euroopa Parlamendi...2010) Liginullenergiahoone mõiste on selgitatud bakalaureusetöö mõistete peatükis leheküljel seitse. Uued hooned, mis järgivad Euroopa Komisjoni direktiivi, kontsentreeruvad sisekliima tagamisele. Ehitusuuendus hakkab seaduse järgi kehtima „sisekliima tagamisega hoonetes,“ kus ehitusluba antakse või ehitusteatis esitatakse ning hoone püstitatakse pärast 2018. või 2019. aasta lõppu. (Martinson 2018: 8) Kui lammutatud hoone asemele ehitatakse uus hoone, mis erineb vanast majast, siis rakenduvad energiatõhususe miinimumnõuded. Ümberehitamise korral ei kohaldu alati liginullenergiahoone nõuded, see sõltub hoone



olukorrast. Otsuse, kas hoonet taastatakse või ehitatakse uuesti sõltub kohaliku omavalitsuse pädevusest. Hoonetes, kus küttesüsteem on ruumides vajaliku temperatuuri saavutamiseks, ventilatsioon ruumiõhu paremaks muutmiseks või mis reguleerib niiskust, nimetatakse sisekliima tagamisega hooneteks. Liginullenergiahooned eeldavad head ehituskvaliteeti, väikest energiatarbimist, kvaliteetseid ehitus-, kui ka soojustusmaterjale ning korralikku ventilatsiooni. Hoone peab lisaks heale ehitusele ka ise tootma energiat, kasutades näiteks katusele asetatud päikesepaneelide. (Martinson 2018: 8) Energiat võib koguda väikeste tuuleturbiinidega ning ruumide kütmiseks kasutada biomassi. Nullenergiamaja on CO<sub>2</sub> neutraalne, mis tähendab, et ei tarbi fossiilseid kütuseid. Plussenergiamajade omadus on rohkem energiat toota kui tarbida. (Grätz 2011: 8)

Energiamärgisel peab olema energiatõhususe arv ja miinimumnõuded, et neid omavahel võrrelda. Soovitused, mis on kantud märgisele peavad olema teostatavad. Omanik või üürnik peavad saama hoone kohta lisateavet energiamärgisele kantust. Energiamärgise kehtivus on kuni kümme aastat. Energiamärgist väljastatakse ehituses olevatele hoonetele, müüdavatele või uuele üürnikule üüritavatele hoonetele või nende osadele ja 250 m<sup>2</sup> põrandapinnaga hoonetele, mis on avalikuks kasutamiseks. (Euroopa Parlamendi...2010)

### **1.3 Majade energiatõhususe saavutamine**

Energiatõhusus on võimalik saavutada erinevate ehituslike meetoditega. Eesti majad võrreldes põhjapoolsete naaberriikidega pole nii hästi ehitatud, tekivad soojuskaod. Selle tõestuseks on näide, kus Eesti kortermaja keskmine soojatarbimine aastas on 250 kWh/m<sup>2</sup> kohta kui Soomes või Rootsis on sama näitaja alla 150 kWh/m<sup>2</sup>. (Energiasääst...2018) Hoone välisfassaad peab olema õhku pidav ning soojustatud, kuid samas tuleks vältida hallituse tekke ohtu. Piirde soojusläbivus ei tohiks ületada 0,5 vatti ruutmeetri ja kraadi kohta. Kui tulemus on kõrgem tuleb soojuslik mugavus tagada küttesüsteemidega. Kõige parem oleks lähtuda hoone ehitamisel vastavatest koefitsientidest: välisseina soojusläbivus 0,12–0,22 W/(m<sup>2</sup>·K); katuse ja põranda soojusläbivus 0,1–0,15 W/(m<sup>2</sup>·K); akna ja ukse soojusläbivus – 0,6–1,1 W/(m<sup>2</sup>·K). (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015, § 12 lg 4) Joonis 2 kajastab kortermajade soojuskadude jaotust. Suurim soojusenergia kao koht on välisseinad ja õhulekked, järgnevad põrand ja katuselagi. Efektiivne oleks alustada

energiakulu vähendamist seal, kus kadu on kõige suurem. Soojusenergia tagatakse peamiselt õige kütteseadme abil. (Alev et al. 2011)



**Joonis 2.** Soojuskadu kortermajades. *Allikas:* (Energiasääst 2018).

Hoone energiatõhusust mõjutavad mitmed aspektid: hoonepiirete omadused, mis on seotud soojusjuhtivusega, õhupidavusega, külmasilla lisasoojusjuhtivusega ja teatud määral soojusliku massiivsusega; avatäited- selle all mõeldakse uksi ja aknaid. Nende klaasiosa soojuslähivust, päikesetegurit ning valguse lähivust, raamiosa soojuslähivust, avatäidete suurust ja suunda ning ka päikesekaitse lahendusi, et vältida vajadust jahutamisele. Ventilatsioonisüsteemi omadusi mõjutab õhuvahtuse efektiivsus, ventilaatori elektriline erivõimsus ja väljapuhkeõhu soojusesisaldus. Hoone energiatõhusust mõjutab olulisel määral sisekliima tagamine, eelkõige ruumide valgus, temperatuur ja ventilatsioon. (Alev et al. 2011)

Küttesüsteemile tuleb projekteerida eraldi ruum ning paigaldada kütteseadet, mis võimaldab määrata hoone energiakasutust kütteks. Kütteseadet ei tule paigaldada, kui hoonel puudub võimalus energiakasutuse reguleerimiseks, ehituslik lahendus ei mõjuta oluliselt energiakasutust hoone kütteks ning seadme paigaldamine pole majanduslikult või tehniliselt võimalik. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015, § 14 lg 1,2) Igale ruutmeetri hulgale vastab oma küttevõimsus. Toad, kus on suured aknad või mis jäävad nurga taha vajavad suuremat küttevõimsust. Arvestada tuleks köetava pinna ruutmeetreid. (Alev et

al.2011) Tänapäeval on paljudes eramutes keskküte, kus soojavett saadakse katlast, mida köetakse puude, maagaasiga, kivisöe või kütteõliga. Soojus, mida saadakse, jaotatakse majas ühtlaselt radiaatoritesse. Kütuse valikus on oluline hind, kättesaadavus ja mõju kliimamuutusele. Kõige vähem saastab keskkonda taastumatutest energiaallikatest maagaas. Valides kütteseadet on oluline katla kasutegur. Näiteks on kondensatsioonikatla kasutegur ligikaudu 90 % ja vana tüüpi gaasikatla kasutegur on umbes 50-60 %. Parim on valida kondensatsioonikatel, mis tähendab, et sama raha ning kütuse eest saab rohkem sooja. (Csobod, Szuppinge 2011: 6)

Kui kortermaja soovitakse ehitada energiasäästlikult, siis on mõistlik selgeks teha maksumus, teostatavus ning kui mugavaks ja kui palju parandusi tuleb sisse viia. Energiasäästu võimalusi kortermajades on mitmeid: kulumõõturite paigaldamine energia ja vee jaoks, akende ning uste tihendamine, kütte- kui ka tarbevee torustike isoleerimine, programmkella paigaldamine küttevee reguleerimiseks just öisel ajal, ringluspumba paigaldamine soojale veele ja automaatsulgurid välisustele. (Energiasääst 2018)

Energiakulu saab vähendada läbimõeldud ehitusviisiga. Faltin (Faltin 2011: 10) on välja toonud etapid, kuidas ehitada energiatõhusat hoonet:

- 1) ehitusprojekt, kus eesmärgiks on seatud võimalikult väikesed energiakulud;
- 2) kahekordse paksusega soojustus seintes;
- 3) päikeseenergia kasutamiseks optimeeritud aknad (kolmekordse klaaspaketiga aknad);
- 4) väga hea õhutihedus, mida on kontrollitud rõhukatsega;
- 5) tõhusa soojustagastusega ventilatsioonisüsteem- soojendatakse sisenevat õhku väljuva õhu soojusega, mis viib soojuskaod miinimumini;
- 6) taastuvenergiat rakendavad tehnoloogiad- tõhusad kütte ning jahutusseadmed ning päikesekollektorid;
- 7) elektrit säästvad kodumasinad ja valgustid.

Ruumitemperatuurid on erinevad sõltuvalt majast ning tema kasutusest. Üldjuhul loetakse ruumitemperatuur heaks, kui see ei ületa 150 kraadtundi. Haridus- ja teadushoonetel võetakse arvesse suvise ruumitemperatuuri nõudeid, mis jäävad vahemikku 1.05-15.06 ja

15.08-30.09, ajavahemikul 15.06-15.08 on hoone suletud. Ruumi ülekuumenemise vältimiseks võetakse kasutusele vastavad meetmed, näiteks ehitatakse hoone vastavalt ilmakaartele või kasutatakse päikesekaitset ning õist jahutust ventilatsiooniga. Vastavad arvutused ülekuumenemise kohta tehakse simulatsioonarvutuste käigus. (Hoone energiatõhususe miinimumnõuded 2015, § 11)

## 2 METOODIKA

Bakalaureusetöö lähtub energiatõhusate ehitistega seotud kirjanduse allikatest. Põhilisteks allikateks olid Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiivid 2010/31/ EL (Euroopa Parlamendi...2010) kui ka Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv 2012/27/EL (Euroopa Parlamendi...2012), Energia 2020- Säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energia strateegia (Energia 2020 Säästva...2010), Rohemärgise strateegia 2015 (Rohemärgise standard 2015) ning erinevad raamatud, mis on vastava töö teemaga seotud. Selleks, et saada aimu energiatõhusatest ehitistest Eestis, tutvus töö autor AS Riigi Kinnisvara aastaaruannetega. AS Riigi Kinnisvara on ettevõtte, mis on loodud 2001. aastal, et riigi kinnisvara haldamine muuta senisest tõhusamaks. Aktsiad kuuluvad 100 protsendiliselt Eesti Vabariigile ning neid valitseb Rahandusministeerium. Tütarettevõtteks on OÜ Hoolduse Pluss, mis kuulub AS Riigi Kinnisvara gruppi. (Riigi Kinnisvara AS 2018) Vaadeldav periood on 2011-2015 aasta. Aastaraamatutes olevad andmed on kasutatud bakalaureusetöö tulemuste osas, kus kirjeldatakse peamiselt CO<sub>2</sub>- projektiga ehitatud hooneid aastate lõikes, millised hooned valmisid. Kodulehelt leitavates aastaraamatutes on põhjalikumalt läbi töötatud peatükid, kus on kirjutatud energiatõhususest või säästlikkusest. Aastaraamatud on leitavad nende kodulehelt aadressil <http://rkas.ee>.

Töös käsitletakse hooneid, mis on energiatõhusad - madalenergiahooneid, liginullenergiahooneid. Võrdluseks on kasutatud bakalaureusetöös hoone energiatõhususe miinimumnõuete määruuses toodud tabeleid, kus esimeses tabelis on energiatõhususe nõuete omavaheline võrdlus tava hoonel, oluliselt rekonstrueeritaval, madalenergiahooneil ja liginullenergiahooneil. Energiatõhusarvu ühikuks on kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Selle kohased andmed on saadud Riigi Teatajast. Kolmandas tabelis (<http://starplex.ee/energiakulu/>) on välja toodud maja aastase energiakulu arvestus erinevates energiaklassides. Selle tabeli põhjal saab määrata erinevatesse klassidesse kuuluvate ehitiste energia aastast kokkuhoidu. Võttes maja üldpinnaks 120 m<sup>2</sup>, siis D-klassi maja aastane energiakulu on 22800 kWh/a kuid A+ maja aastane energiakulu on 5400 kWh/a. Seega aastane energiakokkuhoid A+ majaga on suurem: 22800-5400 = 17400 kWh/a. Me säästame 17400 kWh/a kui elame A+ energiasäästlikus majas.

## **3 TULEMUSED**

### **3.1 Avalike hoonete energiakulu vähendamine**

AS Riigikinnisvara 2011. aasta aruandest (Aastaraamat 2011) selgub, et avaliku sektori hooned soovitakse teha energiasäästlikumaks. Riigi Kinnisvarale on see uuenduslik lähenemine, avaliku sektori ruumivajadused viiakse kokku kvaliteetsete ja energiasäästlike lahendustega. Alates 2010. aastast kuni 2012. aasta lõpuni muudeti üle Eesti energiasäästlikumaks 480 hoonet, kuhu kaasati AS Riigi Kinnisvara. Loodud on kaardirakendus, mis selgitab millised hooned on ehitusjärgus ja millised hooned on valmis. Ehitust teostatakse CO<sub>2</sub> heitmekvoodi müügist saadava raha eest. Töid, mida teostatakse on erinevad, alustades küttesüsteemidest kuni põrandate ja lagede ümberehituseni. Tänu sellele peaks vähenema energiatarbimine, mis omakorda muudab õhku paisatava CO<sub>2</sub> hulga väiksemaks. Esimene hoone, mis valmis CO<sub>2</sub> projektiga oli Torma vallas asuv lastead, kus soojustati ja viimistleti sokkel ja välisseinad, samuti sai lasteasutus endale uued aknaplekid. Kokku renoveeriti 2011. aastal 107 hoonet. (Aastaraamat 2011)

Aastal 2012 valmisid uusehitistena Kuressaare politsei ja pääste ühishoone, Jõhvi politsei ja pääste ühishoone ning Jõgeva kohtu- ja politseihoone, kus AS Riigi Kinnisvara oli hoonete valmimise korraldaja ja projektijuht. Erilist tähelepanu pöörati energia- ja keskkonnasäästlikkusele, kus hoonete töötingimused paranesid. (Aastaraamat 2012)

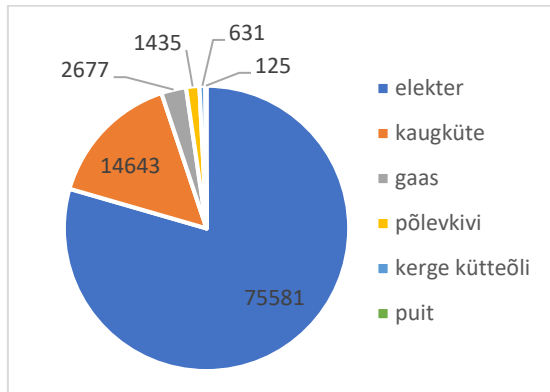
2013. aastaaruandes selgub, et AS Riigi Kinnisvara on saanud endale kvaliteedi ja keskkonnajuhtimissüsteemi sertifikaadid, milleks on ISO 9001 ja ISO 14001. (Aastaraamat 2013) ISO 9001 on rahvusvaheline standard, millel on omad nõuded ja mida kasutatakse tarnijate hindamisel. Eesmärk on tulemuslikkuse hindamine ja kliendi rahulolu. (Mis on ISO...2018) ISO 14001 eesmärk on tagada keskkonna-alane jätkusuutlik areng ja see määrab kindlaks vastavad nõuded. (EVS...2018) Aastal 2011. renoveeriti 107 hoonet, 2012. aastal renoveeriti 377 hoonet ning 2013. aastal renoveeriti 59 hoonet ehk kolme aastaga renoveeriti 543 objekti. Kõige enam oli renoveeritavaid hooneid Harjumaal, Ida- Virumaal ja Tartus. Kõige kulukamad projektid olid Tartu Ülikooli raamatukogu, Rahvusraamatukogu ja Eesti Maaülikooli õppehoone. Hangete puhul valiti eelkõige keskkonnasäästlikud

meetmed ja suuremate hangete puhul nõuti koostööpartnerilt ISO 14001 keskkonnajuhtimissüsteemi täitmist. Esimest korda on mainitud 2013. aastaraamatus energiatõhusust eraldi peatükina. Kõik algab planeerimisest ja projekteerimisest, kus jälgitakse hoolikalt välispiirete ja avatäidete soojapidavust kui ka tehnosüsteemide kasutegureid, mõningate objektide puhul kasutatakse energiasimulatsiooni arvutusi. Energiatõhusa maja ehitamisel peab arvestama ilmakaartega. Materjalid valitakse kõrgkvaliteedilised, kus vastupidavus on oluline. Ehitusprotsess peab olema terves ulatuses keskkonnasäästlik. Tööd tuleb teha nii, et energiat ja ressursi ei raisataks, käidelda jäätmeid nõuetekohaselt ja, et keskkonnamõju oleks võimalikult väike. 2013. aastal valmis kokku kolm uusehitust, milleks olid Narva Politsei ja Päästeameti ühishoone, Viljandi Valuoja gümnaasium ja Nõo reaalgümnaasium. Rekonstrueeriti Haapsalu riigigümnaasiumit ja Jõgeva riigigümnaasiumit kui ka vähesel määral Viljandi Valuoja gümnaasiumit. (Aastaraamat 2013)

2014. aastal oli Riigi Kinnisvara ehitanud 4 hoonet, mis vastasid klassile „B“ ja 21 hoonet klassile „H.“ Kuna enne märgise saamist on vaja kõikide hoonete tarbimiskulusid aastaringelt, siis mõningatel hoonetel need veel puudusid, sellest tingitud on mõningatel hoonetel kehvem märgisus. (Aastaraamat 2014)

2014. aastaraamatus tehakse kokkuvõtte CO<sub>2</sub>- projektist. Eesmärgiks oli finantseerida avalike hoonete renoveerimist, et parandada energiatõhusust ja vähendada sellega CO<sub>2</sub> emissiooni. Selgub, et kõige enam kulutusi tehti fassaadidele, katustele, ventilatsioonisüsteemidele ja küttesüsteemidele. 2013. aastal prognoositi kütte- kui ka elektrienergia kokkuhoidu 13,3%, mis on 45 GWh, kuid tegelikkuses olid näitajad kõrgemad ja säästliku ehitusviisiga hoiti kokku ligi 17,5% (59 GWh) energiat. Samuti olid prognoositust suuremad kokkuhoitud CO<sub>2</sub> emisiooni näitajad - 3,8%. Kuna Riigi Kinnisvara peab arvestust emiteeritud CO<sub>2</sub> hulga üle, siis kõige suurem süsinikdioksiidi näitaja on kinnistutel, kus elektrienergiat kulutatakse suures koguses. Selle vähendamiseks on saadaval roheline energia, kuid mis on küllaltki kulukas 1MWh = 1EUR. Roheline energia on igale inimesele kättesaadav, tuleb vaid elektrimüüjalt osta vastav päritolusertifikaat, mis kinnitab, et kasutatakse energiat, mis on saadud taastuvatest allikatest. (Aastaraamat 2014)

Joonis 3 näitab erinevate kütuste CO<sub>2</sub> heitkoguseid tonnides, mis paisati õhku erinevate energiakandjate poolt AS Riigi Kinnisvara halduses olevatelt kinnistutelt.



**Joonis 3.** AS Riigi Kinnisvara halduses olevate kinnistute erinevate energiakandjate CO<sub>2</sub> eriheitkogused. *Allikas:* (Aastaraamat 2014).

2019. aastast hakkab kehtima avaliku sektori hoonete energiatõhususe miinimumnõue. Möödapääsmatuks on uute tehnoloogiate väljamõtlemine ning kasutuselevõtt. Valmisid juhendmaterjalid, kus koostöö osapoolteks olid AS Riigi Kinnisvara ettevõtte ja kõrgkoolide arendus- ja teadusvaldkonnad. Instruktsioon, kuidas ehitada liginullenergia maju ja madalenergiamaju, valmis nende ühistegevusena. Aastast 2020 peavad kõik kerkivad hooned olema madala energiasisaldusega.



### 3.2 Sertifitseeritud hooned Eestis

Madal- ja liginullenergiahooneid võib vaadelda kui samaväärseid hooneid, ainus erinevus on definitsiooni kohaselt taastuvenergiatootmises. Kui liginullenergiahoone puhul eeldatakse taastuvenergia tootmist, siis madalenergiaga hoonete puhul mitte. Tabelis 4 on välja toodud erinevate tunnuste võrdlus tava-, madal- ja liginullenergiahoone vahel.

**Tabel 4.** Energiatõhususe põhiparameetrid. *Allikas:* (Kalamees 2013: 20)

	Tavahoone	Madal- ja liginullenergiahoone
Hoone soojapidavus $H/A_{net,0}$ , W/(K m <sup>2</sup> )		
$A_{net,0} = 500$ m <sup>2</sup>	0,8	0,4
$A_{net,0} = 1000$ m <sup>2</sup>	0,6	0,3
$A_{net,0} = 2000$ m <sup>2</sup>	0,5	0,25
$A_{net,0} \geq 4000$ m <sup>2</sup>	0,4	0,2
Välispiirete soojapidavus $H/A_{vp}$ , W/(K m <sup>2</sup> )	0,5	0,25
Akna summaarne soojusläbivus U, W/(m <sup>2</sup> K)	1,4	≤ 0,7
Akna päikeseläbivustegur g, -	0,3–0,5	optimeeritud
Välisseina soojusläbivus U, W/(m <sup>2</sup> K)	0,25	0,14–0,18
Õhupidavus $q_{so}$ , m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	≤ 3	≤ 0,6
Päikesevarjestus		väline
Keskmine päevavalgustegur, %	2	2
Akende osakaal fassaadist, %	40–90	25–30
Tüüpruumide jahutusvõimsus, W/m <sup>2</sup>	50–100	≤ 40
Soojustagastuse temperatuuri suhtarv, %	≥ 70	≥ 80
Ventilatsiooni erivõimsus SFP, kW/(m <sup>3</sup> s)	2–2,5	1–1,5
Nõudluspõhine ventilatsioon		nõupidamised ja vastavad
Jahutustegur ESEER	2–3	≥ 5
Paigaldatud valgustusvõimsus, W/m <sup>2</sup>	≤ 12	≤ 5
Valgustuse juhtimine	aegjuhtimine	juhitavad valgustid ja multiandurid
Küttesüsteemi primaarenergia kasutegur, -		≥ 0,90
Lokaalse taastuvenergia osakaal, %		liginull ≥ 10

Eesti esimene liginullenergiahoone oli 2015. aastal valminud Rakveres, Targa Maja kompetentsikeskuse büroohoone üldpinnaga 2170 m<sup>2</sup>. (Lisa 1.) Kütteks on kasutatud kaugkütet ja taastuvenergiaks päikeseelektrit. Esimese liginullenergiabüroohoone energiatarbimiseks on 98 kWh/m<sup>2</sup>-aastas. Sellise hoone ehitamise eesmärk oli leida kulutõhusad lahendused liginullenergiahoone teostamiseks, arendada välja testkeskkondade tehnilised kirjeldused, sest Targa maja büroohoone ehitati testkeskkonnana. Liginullenergia saavutati efektiivse energiakasutusega, päikesepaneelide kasutamisega katusel, kütteks kasutati peamiselt soojuspumpa, välisfassaadi soojustus oli kuni 300 millimeetri paksune, kasutati päikesevarjeid ning säästvat valgustust, seal hulgas tarka valguse juhtimist. Nutikaks lahenduseks võib pidada sademevee kogumist, mida kasutatakse hoone siseselt, näiteks tualettides. (Rakvere Targa maja...2015)

Esimene Eesti liginullenergia koolihoone asub Põlvas, mis on riigigümnaasium. (Lisa 2.) Hoone valmis 2016. aastal, üldpinna suurus on 2 300 m<sup>2</sup>. Eesmärgiks oli ehitada energiasäästlik, funktsionaalne hoone ning pöörata tähelepanu kaasaegse õpikeskkonna kujundamisele. Kaasati Saksa arhitektuuribüroo, kellel on kogemus energiasäästlike koolide ja lasteaedade ehitamises. (Eesti esimene liginullenergia...2018) Gümnaasiumihoone arhitekt oli Pille Pärn. Õppehoone rajamine koos sisustusega läks maksma 4,8 miljonit eurot. Ehitustöid rahastas Euroopa Regionaalarengu Fond ja riigieelarve. Kooli direktor Alo Savi on öelnud: „Tänapäevane gümnaasium on nagu korralik nutitelefoni – ligitõmbav, lihtsasti kasutatav, valikurohke ja nutikas sisu on ühendatud esteetiliselt kauni ja kasutajasõbraliku vormiga.“ (Mets 2017)

Liginullenergia elamahooneid on ehitatud ka Tartus ja Viljandis. 2017. aasta energiatõhusamaks hooneks valiti Tartumaal Rahinge liginullenergiahoone. (Lisa 3.) Liginullenergia taseme saavutamiseks on kasutatud päikese paneele, mis on märkamatud ja garanteerivad piisava energia tootlikkuse (5,5 kW). Liigse palavuse eest kaitsevad hoonet automaatsed päikesekaitserulood, lõunafassaadil on suured aknad, mis valgustavad ja soojustavad ruumi. Ühtlase toatemperatuuri tagavad soojapidavad massiivsed välisseinad ning hea ventilatsioonisüsteem. Õhuniiskuse ja temperatuuri hoidmiseks kasutatakse savitelliseid, mis reguleerivad sisekliimat. (Liginullenergiahoone...2018)

Eesti esimene sertifitseeritud passiivmaja valmis 2013. aastal, mis asub põlvamaal ja on kolmekorruselise ühepereelamu. (Lisa 4.) Projekteeritud on vastavalt ilmakaartele, suured aknad asuvad lõunafassaadil, mis kütavad tuba, põhjas seevastu on jahutamise otstarbel aknaid minimaalselt. Igas toas on vähemalt üks aken, mis on avatav. Hoonele on paigaldatud kolm rida päikese paneele, mis toodavad kütteenergiat, elektrit kui ka sooja vett, juhul kui päikesest jääb väheseks on olemas maaküte, millega maja kütetakse. Kuna suvel on päikest piisavalt, siis toodetakse enda tarbeks rohkem elektrit ning ülejäänud osa müüakse Eesti Energiale. Talvel pole päikese kiirgus nii intensiivne, ning päikese kiired langevad madalamalt, seetõttu on paigaldatud vertikaalsed päikse paneelid, mis on 38 kraadise nurga all. Vertikaalselt paigaldatud päikse paneelid toodavad talvel kütet ja sooja vett. Passiivmaja on hea soojustusega- kütetorud on põranda asemel paigaldatud sisesseintesse, mis tähendab, et kütetorustikku on vähem vaja kui põrandakütte puhul. Maja ülekuumenemise vastu on paigaldatud elektrooniliselt juhitud välirullood, et reguleerida päikese kiirgust. Maja karkass on valmistatud kolmekordsest ristkihtpuidust ning soojustamiseks on kasutatud tselluvilla. (Ermel 2013) Teine Eestis sertifitseeritud passiivmaja asub Tartumaal, mis on

projekteeritud ja toodetud Eestis. Erilist rõhku pöörati hea sisekliima loomisele ja madalatele energiakuludele. Hoone projekteerimisel on arvesse võetud ilmakaared ning paigutatud suuremad aknad lõunafassaadile. Välisfassaadimaterjalina on põhiliselt kasutatud puitlaudist. (Passiivmaja Tartumaal 2018)

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö „Energiatõhusad ehitised Eestis“ eesmärgiks oli anda ülevaade energiatõhusatele hoonetele kehtestatud nõuetest ja nende rakendamisest viimastel aastatel Eestis. Täpsemalt keskenduti järgnevatele küsimustele:

- Missugused on erinevad hoonetele kehtestatud energia kokkuhoiu nõuded?
- Missugused on energiatõhusa hoone ehitamise võimalused?
- Kuidas on viimastel aastatel energiatõhususe nõudeid Eestis rakendatud?

Käesolev töö on koostatud kvalitatiivsel meetodil, kasutades Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiivi 2010/31/ EL kui ka Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiivi 2012/27/EL, Energia 2020- Säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energia strateegiat, Rohemärgise strateegiat 2015 ja AS Riigi Kinnisvara aastaraamatuid vahemikus 2011-2015.

Bakalaureusetöö tulemuste põhjal võib väita, et alates 2011. aastast hakati muutma avalikke hooneid energiasäästlikumaks. Ehitust teostatakse CO<sub>2</sub> heitmekvoodi müügist saadava raha eest. Töid, mida teostatakse, on erinevad, alustades küttesüsteemidest kuni põrandate ja lagede ümberehituseni, või isegi täielikult maja projekteerimisest kuni ehituse lõppfaasini. Esimene CO<sub>2</sub>- projektiga ehitatud hoone asub Torma vallas, milleks oli lasteaed. Teostati soojustustöid soklis ja välisseinas, samuti pandi uued aknaplekid.

2019. aastast hakkab kehtima avaliku sektori hoonete energiatõhususe miinimumnõue, mis tähendab, et aastaks 2020. peavad kerkivad hooned olema madala energia sisaldusega. Tuleb tagada korralik sisekliima ruumides, müra ei tohi olla, paigaldatud süsteemid peavad olema lihtsasti hooldatavad ja vahetatavad ning ehitus detailid ja hoone materjal peab olema vastupidavast materjalist ja pikaajaliselt kasutatav.

Eestis sertifitseeritud liginullenergiahooneid ja passiivmaju on vähe, ainult mõned. Esimene liginullenergia büroohoone, mis oli testkeskkonnana ehitatud, asub Rakveres, Targa maja kompetentsikeskuse büroohoone. Sertifitseeritud esimene liginullenergia koolihoone valmis 2016. aastal, milleks sai Põlva riigigümnaasium. Eluhoonetest on samasse klassi kuuluv

ehitis Tartumaal, mis valiti 2017. aastal energiatõhusamaks hooneks. Esimene sertifitseeritud passiivmaja ehitati aastal 2013 ja asub Põlvamaal.

Oma kodu saab lihtsate vahenditega energiatõhusamaks muuta. Alustada tuleb mõttest- ise energiasäästlikumalt elada. Uue hoone projekteerimisel tuleks kohe alguses selgeks teha vastavad vajadused ja soovid. Projekteerides tuleb hoone asetada ilmakaarte järgi, kus lõunasse jäävad suuremad aknad, mis lasevad päiksekiiri tuppa, nii soojendaks eluruumi. Õige välisfassaadi soojustus tagab hea sisekliima. Soojustus võiks olla kahekordne ning kasutama peaks kolmekordse klaaspaketiga aknaid. Samuti tuleks rõhku panna nii tarbevee kui ka küttevee torustike isolatsioonile. Unustada ei tohi ventilatsiooni, sest ilma selleta võib hoone üle kuumeneda.

## KASUTATUD KIRJANDUS

**Abel, E., Voll, H.** (2010). Hoonete energiatarve ja sisekliima. Tallinn: OÜ Presshouse. 249 lk.

**Alev, Ü., Arumägi, E., Ilomets, S., Just, A., Kalamees, T., Kallavus, U.** (2011). Maaelamute sisekliima, ehitusfüüsika ja energiasääst I. Tallinna Tehnikaülikooli ehitiste projekteerimise instituut. Tallinn. 113lk.

AS Riigi Kinnisvara aastaraamat 2011. (2011). Tallinn: AS Riigi Kinnisvara. <http://www.rkas.ee/riigi-kinnisvarast/aastaraamatud/2011> (23.11.17).

AS Riigi Kinnisvara aastaraamat 2012. (2012). Tallinn: AS Riigi Kinnisvara. <http://www.rkas.ee/riigi-kinnisvarast/aastaraamatud/2012> (24.11.17).

AS Riigi Kinnisvara aastaraamat 2013. (2013). Tallinn: AS Riigi Kinnisvara. <http://www.rkas.ee/riigi-kinnisvarast/aastaraamatud/2013> ( 12.12.17 ).

AS Riigi Kinnisvara aastaraamat 2014. (2014). Tallinn: AS Riigi Kinnisvara. <http://www.rkas.ee/riigi-kinnisvarast/aastaraamatud/2014> ( 27.12.17 ).

AS Riigi Kinnisvara aastaraamat 2015. (2015). Tallinn: AS Riigi Kinnisvara. <http://www.rkas.ee/riigi-kinnisvarast/aastaraamatud/2015> ( 28.12.17 ).

AS Riigi Kinnisvara. (s.a). AS Riigi Kinnisvara. [veebileht] <http://rkas.ee/riigi-kinnisvarast> (30.04.18)

AS Riigi Kinnisvara. Eesti esimene liginullenergia koolihoone. <http://rkas.ee/arendusobjektid-1/valminud-objektid/eesti-esimene-liginullenergia-koolihoone> (07.05.18).

**Csobod, E., Szupping, P.** (2011). Energiatõhusate uute majade planeerimine. Tallinn: Balti Keskkonnafoorum. 12 lk

Eesti Standardikeskus. (2018). Keskkonnajuhtimissüsteemid. Nõuded koos kasutusjuhistega. Eesti standard. EVS-EN ISO 14001:2015. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-iso-14001-2015> (15.04.18).

Ehitusseadustik. (vastu võetud 11.02.2015, viimati jõustunud 01.07.2015). - *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001> (27.04.18).

Energia 2020 Säästva, konkurentsivõimelise ja kindla energia strateegia. (vastu võetud 10.11.2010). – *Euroopa Komisjon* <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0639:FIN:ET:PDF> (20.04.18).

**Ermel, A.** (2013). Eesti esimene passiivmaja. – MoodneKodu [e-ajakiri] <http://moodnekodu.delfi.ee/news/sisustusjadisain/eesti-esimene-passiivmaja?id=66619275> (8.05.18)

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2010/31/ EL. (vastu võetud 19.05.2010). – *Euroopa Liidu Teataja* <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:ET:PDF> (4.01.18).

Euroopa Parlamendi ja Nõukogude direktiiv 2012/27/EL. (vastu võetud 25.10.2012). – Euroopa Liidu Teataja <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:ET:PDF> (11.03.18).

European Commission. European Energy Performance of buildings Directive. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (15.04.18).

**Faltin, J., Tvrdon, M.** (2011). Passiivmajad aktiivsetele kogukondadele. Tallinn: AS Rebellis. 38 lk.

**Grätz, M.** (2011). Energiatarve ja passiivmajad. Tallinn: Balti Keskkonnafoorum. 10 lk.

Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. ( vastu võetud 03.06.2015, viimati jõustunud 01.07.2015). - *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015015> ( 13.03.18 ).

**Kaan, H.F., de Boer, B.J.** (2006). Passive houses: achievable concepts for low co 2 housing. ISES conference 2005. Orlando, USA.

**Kalamees, T., Kurnitski, J., Rosin, A., Thalfeldt, M., Uutar, A., Voll, H.** (2013). Madal ja liginullenergiahoone. Tallinn: OÜ Presshouse. 100 lk.

Kredex. (s.a). Eesti elamumajandus. [veebileht] <http://kredex.ee/energiatohususest/energiatohusus/videod/> (16.04.18)

Kredex. (s.a). Energiasääst- mitte ainult elektripirnist. [veebileht] [http://kredex.ee/public/Energiatohusus/Infomaterjalid/voldik\\_tr\\_kki.pdf](http://kredex.ee/public/Energiatohusus/Infomaterjalid/voldik_tr_kki.pdf) (16.04.18)

Majaehitaja. (s.a). Milline peaks olema eramu energiamärgise klass?. [veebileht] <http://www.majaehitaja.ee/milline-peak-olema-eramu-energiamargise-klass/> (10.05.18)

Majandus ja kommunikatsiooniministeerium. (s.a). Energiamärgis. [veebileht] <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus> (9.04.18)

**Martinson, R.** (29. märts 2018). Milliseid hooneid hakkab puudutama liginullenergia nõue?. – Maa elu, lk 8.

**Mets, R.** (2017). Põlva riigigümnaasium tegi ukse lahti. – Tartu postimees.

Moduland. (s.a). Passiivmaja tehniline ülevaade. [veebileht] <http://www.moduland.eu/et/passiivmajad/> (9.04.18)

Rakvere Targa maja- Eesti esimese liginullenergiahoone ehitamise kogemus. [veebileht] [https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/b/bb/Karron%2C%20K.%20Rakvere%20Targa%20Maja%20-%20Eesti%20esimese%20liginullenergiahoone%20ehitamise%20kogemus.%202015.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/b/bb/Karron%2C%20K.%20Rakvere%20Targa%20Maja%20-%20Eesti%20esimese%20liginullenergiahoone%20ehitamise%20kogemus.%202015.pdf) (07.05.18)

Rohemärgise standard 2015. (2015). [veebileht] [https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/a/a0/Rohem%C3%A4rgise\\_standard\\_2015.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/a/a0/Rohem%C3%A4rgise_standard_2015.pdf) (30.04.18)

Sense. (s.a). Liginullenergiahoone Tartumaal Rahingel. [veebileht] <http://sense.ee/majad/liginullenergiamaaja-tartumaal/> (8.05.18)

Sense. (s.a). Passiivmaja Tartumaal. [veebileht] <http://sense.ee/majad/tartumaa-passiivmaja/> (8.05.18)

Soojusaudit. (s.a). Kui suur on hoone klasside C ja D erinevus ning kas see erinevus avaldub suurelt küttearvetel? [veebileht] <http://www.soojusaudit.ee/energiamargis/97-kui-suur-on-hoone-klasside-c-ja-d-erinevus-ning-kas-see-erinevus-avaldu-suurelt-kuettearvetel> (12.04.18)

Starplex. (s.a). Maja energiakulu. [veebileht] <http://starplex.ee/energiakulu/> (22.01.18)

TJO Konsultatsioonid. (s.a). Mis on ISO 9001. [veebileht] <http://www.tjo.ee/mis-on-iso-9001> (15.04.18)

**Uuspõld, R.** 2014. Ärihoonete energiatõhususe ja kasutajasobivuse analüüs. Lõputöö. Tallinna Tehnikaülikool Tallina Kolledž Kinnisvara haldamine. Tallinn. 50 lk.

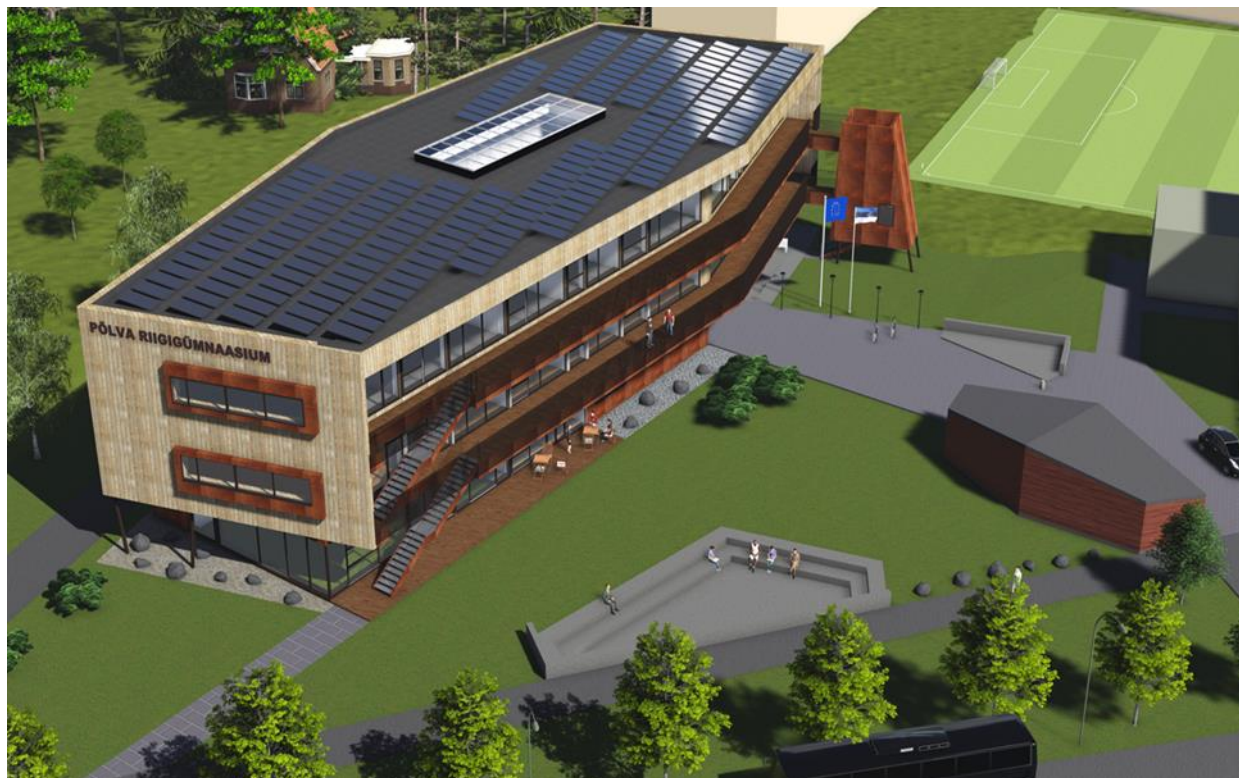


**LISAD**

**Lisa 1. Esimene liginullenergiahoone Rakveres, Targa Maja kompetentsikeskuse büroohoone (Rakvere Targa maja...2015)**



**Lisa 2. Esimene liginullenergia koolihoone Põlvas (Eesti esimene liginullenergia...2018)**



### **Lisa 3. Liginullenergiahoone Tartumaal Rahingel (Liginullenergiahoone...2018)**





**Lisa 4. Esimene sertifitseeritud passiivmaja Eestis (Ermel 2013)**



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kerdi Koonik,

(sünnipäev pp/kuu/aa 16.10.1995)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Energiatõhusad hooned Eestis,  
mille juhendaja on Valdo Kuusemets,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 21.05.2018

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)